



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000235200 A**(43) Date of publication of application: **29.08.00**

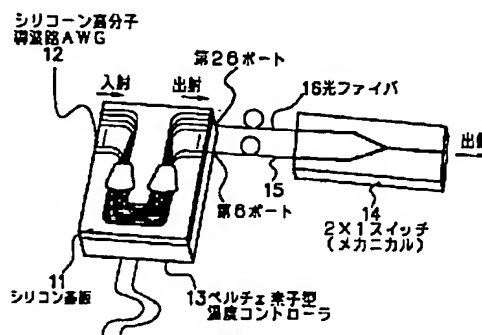
(51) Int. Cl.

**G02F 1/313**(21) Application number: **11035655**(22) Date of filing: **15.02.99**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>**(72) Inventor:  
**TOYODA SEIJI  
KANEKO AKEMASA  
OBA NAOKI  
MATSUNAGA TORU  
YOKOYAMA KENJI  
KURIHARA TAKASHI****(54) ARRAY WAVEGUIDE GRATING TYPE  
WAVELENGTH TUNABLE FILTER****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a wavelength tunable filter having a wide tunable wavelength range while suppressing increase in the cost to min.

**SOLUTION:** A silicon substrate 11 with a silicone polymer waveguide AWG 12 formed is mounted on a Peltier element type temp. controller 13 so that the output wavelength of AWG 12 is controlled by controlling the temp. by the temp. controller 13. Moreover, two output ports having different tunable wavelength ranges are connected through optical fibers 15, 16 to an 2x1 optical switch 14 so that the port can be switched. Thus, the tunable wavelength range can be practically increased.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 F 1/313

識別記号

F I

G 0 2 F 1/313

テーマコード(参考)

2 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-35655

(22) 出願日 平成11年2月15日(1999.2.15)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 豊田 誠治

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 金子 明正

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100069981

弁理士 吉田 精孝

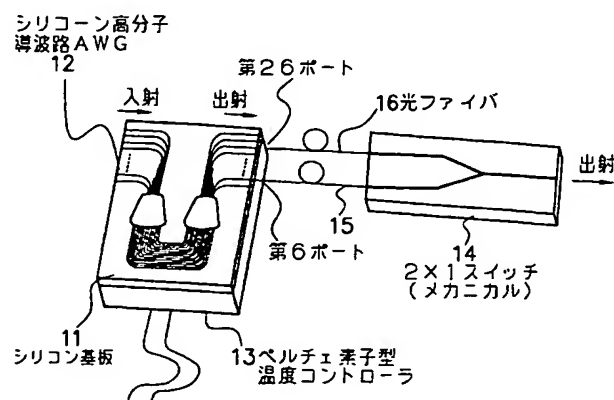
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アレイ導波路格子型波長可変フィルタ

## (57) 【要約】

【課題】 コストの増加を最小限に抑えながら、可変波長帯域の広い波長可変フィルタを実現すること。

【解決手段】 シリコン高分子導波路AWG 12を形成したシリコン基板11をペルチェ素子型温度コントローラ13上にマウントし、該温度コントローラ13による温度制御によってAWG 12の出力波長を制御するとともに、異なる可変波長帯域を有する2本の出力ポートに光ファイバ15、16を介して2×1光スイッチ14を接続し、切り替え可能とすることにより、実質的に可変波長帯域を広げる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アレイ導波路格子（AWG）型波長フィルタと、該AWG型波長フィルタの各出力ポートからの出力波長を温度により任意に制御するための温度調節装置とからなるアレイ導波路格子型波長可変フィルタにおいて、

AWG型波長フィルタの異なる可変波長帯域を有する少なくとも2本の出力ポートを任意に選択する光路切替スイッチを設けたことを特徴とするアレイ導波路格子型波長可変フィルタ。

【請求項2】 温度調節装置として、AWG型波長フィルタに近接配置され、該AWG型波長フィルタのアレイ導波路近傍のみを加熱する局所加熱ヒーターを用い、該局所加熱ヒーターの設定温度を変化させることで任意の波長の光信号を分離することを特徴とする請求項1記載のアレイ導波路格子型波長可変フィルタ。

【請求項3】 アレイ導波路格子（AWG）型波長フィルタと、該AWG型波長フィルタのアレイ導波路近傍のみを加熱する局所加熱ヒーターとからなり、該局所加熱ヒーターの設定温度を変化させることで任意の波長の光信号を分離するアレイ導波路格子型波長可変フィルタにおいて、

加熱前より短波長域を波長選択する位相シフト特性を有する局所加熱ヒーターを用いたことを特徴とするアレイ導波路格子型波長可変フィルタ。

【請求項4】 アレイ導波路格子（AWG）型波長フィルタと、該AWG型波長フィルタのアレイ導波路近傍のみを加熱する局所加熱ヒーターとからなり、該局所加熱ヒーターの設定温度を変化させることで任意の波長の光信号を分離するアレイ導波路格子型波長可変フィルタにおいて、

加熱前より長波長域を波長選択する位相シフト特性を有する局所加熱ヒーターを用いたことを特徴とするアレイ導波路格子型波長可変フィルタ。

【請求項5】 アレイ導波路格子（AWG）型波長フィルタと、該AWG型波長フィルタのアレイ導波路近傍のみを加熱する局所加熱ヒーターとからなり、該局所加熱ヒーターの設定温度を変化させることで任意の波長の光信号を分離するアレイ導波路格子型波長可変フィルタにおいて、

位相シフト特性の異なる少なくとも2個の局所加熱ヒーターを用いたことを特徴とするアレイ導波路格子型波長可変フィルタ。

【請求項6】 波長フィルタが、重水素化アクリルポリマーあるいは重水素フッ素化アクリルポリマーあるいはシリコン樹脂あるいはポリイミド樹脂あるいはUV硬化型エポキシ樹脂あるいはUV硬化型アクリル樹脂を用いた高分子光導波路であることを特徴とする請求項1乃至5いずれか記載のアレイ導波路格子型波長可変フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重（WDM）通信・放送システムにおいて、波長多重光信号から任意の波長の光信号を取り出すアレイ導波路格子（AWG）型波長可変フィルタに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】WDMシステムは、光伝送路の伝送可能な波長帯域内に波長の異なる複数の光信号を多重させることで、伝送容量の増大を図った光通信システムである。このシステムにおいては、光路切替のスイッチング機能とともに、波長多重光信号から特定の波長の光信号を分離したり合波したりする機能が基本的に重要である。

【0003】この際、後者については、ネットワークの構成が比較的単純で固定的な場合には、パッシブな光カップラや光フィルタで対応可能である。しかし、ファイバや波長を極力効率的に利用して、トラフィック量の変化に対応して波長や波長数を任意に制御しなければならない場合には、波長可変フィルタや波長変換素子が必須となる。

【0004】しかしながら、波長可変フィルタ、波長変換素子とも、将来のシステムスペックを満足する決定的なデバイスが存在しないのが現状である。

【0005】波長可変フィルタについては、現時点では、音響光学（AO）フィルタ、スライド式誘電体多層膜フィルタ、回転式グレーティングフィルタ等が代表的であり、どれも、それぞれの領域で実用段階に仕上がっているものの、波長選択の安定性、消光比、ドリフト、再現性、速度、使い勝手等の面で一長一短があり、WDM用途としては十分ではない。

【0006】一方、研究レベルではあるが、石英製のアレイ導波路格子（AWG）と光路切替スイッチとを組み合わせた波長選択フィルタは、狭い波長間隔かつ高い消光比が可能なセットとして注目されているが、コスト面で問題があるため、熱光学（TO）定数の大きな半導体や高分子で作製したAWG型波長フィルタをTO駆動で波長チューニングする試みが始まっている。

【0007】前者としては、8チャンネル1.6nm（200GHz）間隔の性能を有するものが報告されており（例えば、三条ら、電子通信情報学会総合大会講演予稿集、279頁、1998年、参照）、後者としては、16チャンネル0.8nm（100GHz）間隔の性能を有するものが報告されている（例えば、渡辺ら、エレクトロニクス・レターズ、第33巻、第18号、1547頁、1998年、参照）。両者ともに、可変波長帯域が10nm、消光比も20dBを越える程度であり、改善が必要である。

【0008】改善の指標としては、将来のWDMの発展予測を踏まえれば、32波長100GHzで、可変波長

帯域 30 nm 以上、消光比 30 dB 以上が望まれている。消光比については、石英系の AWG 型波長フィルタの開発状況から、回路設計のファインチューニングによって目標達成の見通しは得られるが、可変波長帯域を 30 nm 以上に広げるためには、何らかの技術的ブレイクスルーが必要である。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、AWG 型波長フィルタをベースとした高分子製あるいは半導体製の波長可変フィルタは、AWG 型波長フィルタを形成する材料の高い T O 定数にのみ依存する構成であり、可変波長帯域を 3 倍近く拡張するためには、現実的に可能な温度範囲を越えた加熱が必要となる。そのため、実質上、可変波長帯域 30 nm の波長可変フィルタを実現することは難しい。

【0010】 本発明の目的は、現状のアレイ導波路格子 (AWG) 部分のポテンシャルを最大限に活かすことにより、材料や AWG のレイアウトを現状から大きく変更することなく、即ちコストの増加を最小限に抑えながら、可変波長帯域の広い波長可変フィルタを実現することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】 本発明では、アレイ導波路格子部分のポテンシャルを最大限に活かして広い可変波長帯域を実現する 2 つの素子構成を提供する。

【0012】 1 つは、異なる可変波長帯域を有する少なくとも 2 本の出力ポートを切り替えることによって可変波長帯域を広げるものである。もう 1 つは、アレイ導波路格子を構成する各チャンネル導波路の長さの差を広い範囲で変化させることのできる、特別に設計された位相シフト用局所加熱ヒーターを用いるものである。しかも、この 2 つは原理的に独立に働くため、両者を組み合わせることも可能である。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】 本発明の第一の特徴は、AWG 型波長フィルタと、該 AWG 型波長フィルタの各出力ポートからの出力波長を温度により任意に制御するための温度調節装置とからなる AWG 型波長可変フィルタにおいて、アレイ導波路格子型波長フィルタの異なる可変波長帯域を有する少なくとも 2 本の出力ポートを任意に選択する光路切替スイッチを設け、該スイッチにより異なる可変波長帯域を有する出力ポートを選択することで実質的に幅広い波長可変を実現することにある。

【0014】 AWG 型波長フィルタは一般に波長数分の出力ポートを持つが、このような AWG 型波長フィルタが例えば T O 定数の大きな高分子で構成された場合、AWG 自体の温度を変化させると、本来、各々のポート位置に対応した波長信号はそれぞれ、その温度変化に見合った波長シフト (10 nm 以上程度) を受ける。

【0015】 各出力ポートの可変波長域は波長間隔程度

分ずつずれているため、ポート位置の離れたものほど、可変波長域のオーバーラップは少ない。従って、このような出力波長域のオーバーラップの少ない 2 ～ 数本の各出力ポートを随時切り替えることによって、実質的に広い可変波長帯域を得ることができる。

【0016】 先に記した通り、耐熱性の高分子による AWG 型波長フィルタを用いて温度変化の幅を大きめにとれば、2 本の適切な組み合わせの出力ポートを切り替えることで、例えば 30 nm 程度の可変波長帯域の確保は可能である。

【0017】 この方法は、AWG 型波長フィルタとスイッチとの組み合わせという点で、石英製のパッシブな AWG 型波長フィルタと光路切替スイッチとを複雑に組み合わせた PLC-ADM チップと同様であるが、PLC-ADM チップに比べてスイッチの数が極端に少なくて済むため、例えモノリシックに構成したとしても歩留まりやコストアップの心配は不要である。また、スイッチ数が限られることから、スイッチを外付けしてもモジュールサイズが極端に大きくなることはない。従って、最も簡便にはメカニカルな光ファイバスイッチを外付けして構成することができる。

【0018】 また、耐熱性の高分子材料を用いたシリコン熱光学スイッチ (例えば、渡辺ら、特願平 9-13249 号「高分子デジタル熱光学光スイッチ」、または渡辺ら、ジャーナルライトウェーブテクノロジー、第 16 巻、第 6 号、pp. 1049 ~ 1055、1998 年、参照) を用いることも可能である。

【0019】 また、主要な構成要素の一つである温度調節装置は、ペルチェ素子やフィルムヒーターのように波長フィルタ自体を外部から温度制御する方式でも、波長フィルタのアレイ導波路近傍のみを加熱する局所加熱ヒーターであっても良い。

【0020】 AWG 型波長フィルタをペルチェ素子にマウントし、外付けスイッチを接続した実施の形態を図 1 に示す。図 1 において、11 はシリコン基板、12 はシリコン基板 11 上に形成されたアレイ導波路格子型波長フィルタ (シリコン高分子導波路 AWG)、13 はシリコン基板 11 の下部に装着されたペルチェ素子型温度コントローラ、14 は 2 × 1 光スイッチ (メカニカル光スイッチ)、15、16 はアレイ導波路格子型波長フィルタ 12 の 2 つの出射導波路 (ここでは第 6 ポート及び第 26 ポート) と 2 × 1 光スイッチ 4 とをそれぞれ接続する光ファイバである。

【0021】 本発明の第二の特徴は、AWG 型波長フィルタと、該 AWG 型波長フィルタのアレイ導波路近傍のみを加熱する局所加熱ヒーターとからなり、該局所加熱ヒーターの設定温度を変化させることで任意の波長の光信号を分離する AWG 型波長可変フィルタにおいて、加熱前より短波長域を波長選択する位相シフト特性を有する局所加熱ヒーターもしくは加熱前より長波長域を波長

選択する位相シフト特性を有する局所加熱ヒーターもしくは位相シフト特性の異なる少なくとも2個の局所加熱ヒーターを用いることである。

【0022】以下、ヒーター加熱による波長可変フィルタの動作原理を示す。

【0023】AWG型波長フィルタの中心波長 $\lambda_0$ は、等価屈折率 $n_0$ 、隣接アレイ間光路長差 $\Delta L$ 、回折次数 $N$ を用いて、

$$\lambda_0 = n_0 \Delta L / N$$

で表せられる。従って、中心波長の温度変化は温度 $T$ で微分して、

$$d\lambda_0 / dT = (\Delta L / N) \times dn_0 / dT + (n_0 / N) \times d\Delta L / dT$$

となる。

【0024】シリコン基板上に高分子材料を用いて作製したAWGでは、第二項は第一項に比べて無視できることから、中心波長の温度変化は、

$$d\lambda_0 / dT = (\Delta L / N) \times dn_0 / dT$$

と記述できる。

【0025】図1に示したベルチェ素子型温度コントローラ13や、図2の(a)に示すようなAWGのアレイ\*

$$\lambda_0 = (n_0 \Delta L_1 + n_0 \Delta L_2 + n_0 \Delta L_3) / N \quad \cdots (1)$$

で表せられる。

【0029】次に、ヒーター加熱後、加熱部の等価屈折※

$$\lambda_1 = (n_0 \Delta L_1 + n_1 \Delta L_2 + n_0 \Delta L_3) / N \quad \cdots (2)$$

で与えられる。

【0030】従って、式1、式2より、

$$\lambda_1 = \lambda_0 + (n_1 - n_0) \times \Delta L_2 / N$$

で記述される。

【0031】 $\Delta L_1$ 、 $\Delta L_2$ 、 $\Delta L_3$ は、図2の(b)、(c)において正になるようにとった。ここで、図2の(b)に示すように、アレイ導波路部において光路長のより短い導波路に対する加熱部分の長さがより長くなるようにヒーター22を取り付けると、 $\Delta L_2 > 0$ 、 $n_1 - n_0 < 0$ のため、中心波長は短波長側にシフトする。一方、図2の(c)に示すように、アレイ導波路部において光路長のより長い導波路に対する加熱部分の長さがより長くなるようにヒーター23を取り付けると、 $\Delta L_2 < 0$ 、 $n_1 - n_0 < 0$ のため、中心波長は長波長側にシフトする。

【0032】例えば、シリコン樹脂では、屈折率が $1.8 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ で変化するため、 $N = 119$ 、 $\Delta L_2 = 250 \mu\text{m}$ において、 $0.36 \text{ nm} / ^\circ\text{C}$ の割合で波長シフトする。室温 $25^\circ\text{C}$ から $75^\circ\text{C}$ まで $50^\circ\text{C}$ 変化した場合、中心波長は、図2の(b)に示すようなヒーター22を取り付けると $18 \text{ nm}$ 長波長シフト、図2の(c)に示すようなヒーター23を取り付けると $18 \text{ nm}$ 短波長シフトする。

【0033】従って、図2の(d)に示すように、上記ヒーター22、23とそれぞれ同様なヒーター24、2

\*導波路部全体を覆う薄膜(フィルム)ヒーター21を用いて温度を外部から制御した場合、アレイ導波路部の温度は一樣に変化する(なお、図2の(a)ではアレイ導波路部の各導波路に沿って配置されたヒーター21のみを示し、アレイ導波路部自体は省略している。)

【0026】例えば、 $-1.8 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ の屈折率温度変化を持つシリコン樹脂導波路を用いて、 $N = 119$ 、 $\Delta L = 126 \mu\text{m}$ の値を持つAWGを作製した場合、実用的な $25 \sim 100^\circ\text{C}$ の温度変化では、波長可変幅は $15 \text{ nm}$ となる。

【0027】一方、アレイ導波路部の各導波路に対する加熱部分の長さが変化する、三角形型の薄膜ヒーターをアレイ導波路部に取り付けた場合の波長可変変幅は以下のようになる。

【0028】アレイ導波路部を図2の(b)または(c)に示すように、入力端からヒーターまでの領域(領域1)、ヒーター領域(領域2)、ヒーターから出力端までの領域(領域3)の三領域に分ける。これらの領域における隣接アレイ間光路長差をそれぞれ $\Delta L_1$ 、 $\Delta L_2$ 、 $\Delta L_3$ とした時、ヒーター加熱前の中心波長 $\lambda_0$ は、等価屈折率 $n_0$ 、回折次数 $N$ を用いて、

※率が $n_1$ になるとして、中心波長 $\lambda_1$ は、

5を組み合わせて取り付け、これらを切り替えて使用した場合、スイッチなしで、1つのポートの波長を $30 \text{ nm}$ 以上変化させることができる。

【0034】なお、図2の(e)は図2の(a)のa-b間、(b)のc-d間、(c)のe-f間、(d)のg-h間の断面を示すものである。

【0035】さらに、本発明の上記二つの特徴は、既述したように原理的に独立に働くため、両者を組み合わせることも可能である。これによって、可変波長域のさらなる拡張のニーズに対応できるばかりでなく、使用温度や動作信頼性の観点から必要に応じていずれかを採用し、幅広くシステム要求に応えることもできる。

【0036】最後に、本発明の第三の特徴は、波長フィルタの素材に関するものであり、TO定数の大きな半導体や高分子が適しているが、中でも低温プロセス性、低損失特性、高消光比特性の観点から、高分子を素材として波長フィルタを作製することにある。具体的な高分子材料としては、重水素化アクリルポリマーあるいは重水素フッ素化アクリルポリマーあるいはシリコン樹脂あるいはUV硬化樹脂を挙げることができる。

【0037】以下、具体的な実施例を用いて、本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。

【0038】[実施例1] 本発明の第1の実施の形態を示す図1を用いて実施例1を説明する。

【0039】まず、脱水トルエン中に重水素フェニルトリクロロシランとメチルトリエトキシシラン（モル比で60:40）を溶解し、氷浴中で攪拌している水-テトラヒドロフラン（THF）-トルエン混合溶媒にゆっくり滴下した。5時間反応させた後、有機層を分取し中和しながら水洗し、放置後、分離した有機層から不溶分を炉別し、乾燥してコア材（コア用シリコンオリゴマー）を得た。重量平均分子量は5000、波長1.55  $\mu\text{m}$ における比屈折率は1.52であった。

【0040】次に、重水素フェニルトリクロロシランとメチルトリエトキシシラン（モル比で55:45）を用いて、上記のコア材の合成と同様の操作で白色固体のクラッド材（クラッド用シリコンオリゴマー）を得た。重量平均分子量は5000、波長1.55  $\mu\text{m}$ における比屈折率は1.531であった。

【0041】クラッド用シリコンオリゴマーをジグリムに溶解後、シリコン基板11上にスピコートした。この際、膜厚が20  $\mu\text{m}$ となるように回転数を調整した。250度で1時間加熱することにより硬化させ、下部クラッド層とした。ついで、この上に、コア用シリコンオリゴマーを6  $\mu\text{m}$ 厚となる回転数条件でスピコートし、250度で1時間加熱することにより硬化した。

【0042】続いて、スパッタリング法により銅薄膜を堆積し、フォトリソグラフィとイオンミリングにより、図1に示したAWG導波路マスクパターンを形成した。さらに、反応性イオンエッチングにより、マスクパターン以外の部分のコア層を除去し、幅6  $\mu\text{m}$ 、高さ6  $\mu\text{m}$ のコアリッジを形成した。

【0043】エッチングマスクを除去した後、この上にクラッド用シリコンオリゴマーをスピコートし、下部クラッド層を形成した場合と同様に硬化して上部クラッド層を形成し、埋め込み型光導路のAWG12を作製した。

【0044】32芯ファイバーをAWG12に実装後、ASE光源と光スペクトラムアナライザを用いて、AWG12のパッシブな光学特性を測定したところ、挿入損失は、最低2.9 dB、損失偏差は0.5 dB以下、ベースラインは-40 dB以下、隣接間クロストークは平均-23 dBであった。

【0045】また、スペクトル特性の偏波依存性は0.01 nm以下（測定精度以下）であり、実用上十分な偏波無依存性を示した。第6ポートからは波長1542 nmの光信号が出射され、第26ポートからは波長1558 nmの光信号が出射された。

【0046】続いて、波長可変フィルタとしての特性を調べるために、ペルチェ素子型温度コントローラ13上にマウントし、25℃から100℃まで加熱し、5℃毎に中心波長の温度依存性を調べた。75℃の温度上昇により、中心波長は15 nm短波長側にシフトした。これ

はシリコンポリマーの等価屈折率の温度依存性が、 $-1.8 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ であることに対応する。

【0047】さらに、図1に示したようにAWG12の出射ポートのうち、第6ポート及び第26ポートに村して光路を切り替えられるように、2×1（メカニカル）光スイッチ14を接続した。25℃から100℃の温度範囲で、第6ポートからは1527~1542 nmの波長帯域の光信号が、第26ポートからは1558~1543 nmの波長帯域の光信号が出射された。従って、温度コントローラ13の設定温度を変化させ、2×1光スイッチ14を用いて第6ポートと第26ポートを切り替えることにより30 nm以上の波長帯域の光信号を選択できることが示された。

【0048】【実施例2】本発明の第2の実施の形態を示す図3を用いて実施例2を説明する。図3において、31はシリコン基板、32はシリコン基板31上に形成されたアレイ導波路格子型波長フィルタ（シリコン高分子導波路AWG）、33はAWG32のアレイ導波路部上に取り付けられた薄膜ヒーター、34はシリコン熱光学Y分岐型2×1光スイッチ、35は薄膜ヒーター33駆動用の電源、36は光スイッチ34のヒーター駆動用の電源である。

【0049】まず、脱水トルエン中に重水素フェニルトリクロロシランとメチルトリエトキシシラン（モル比で60:40）を溶解し、氷浴中で攪拌している水-テトラヒドロフラン（THF）-トルエン混合溶媒にゆっくり滴下した。5時間反応させた後、有機層を分取し中和しながら水洗し、放置後、分離した有機層から不溶分を炉別し、乾燥してコア材（コア用シリコンオリゴマー）を得た。重量平均分子量は5000、波長1.55  $\mu\text{m}$ における比屈折率は1.52であった。

【0050】次に、重水素フェニルトリクロロシランとメチルトリエトキシシラン（モル比で55:45）を用いて、上記のコア材の合成と同様の操作で白色固体のクラッド材（クラッド用シリコンオリゴマー）を得た。重量平均分子量は5000、波長1.55  $\mu\text{m}$ における比屈折率は1.531であった。

【0051】クラッド用シリコンオリゴマーをジグリムに溶解後、シリコン基板31上にスピコートした。この際、膜厚が20  $\mu\text{m}$ となるように回転数を調整した。250度で1時間加熱することにより硬化させ、下部クラッド層とした。ついで、この上に、コア用シリコンオリゴマーを6  $\mu\text{m}$ 厚となる回転数条件でスピコートし、250度で1時間加熱することにより硬化した。

【0052】続いて、スパッタリング法により銅薄膜を堆積し、フォトリソグラフィとイオンミリングにより図3に示すAWG32とY分岐型2×1光スイッチ34が組み合わさったマスクパターンを形成した。さらに、反応性イオンエッチングにより、マスクパターン以外の部

分のコア層を除去し、幅 $6\mu\text{m}$ 、高さ $6\mu\text{m}$ のコアリッジを形成した。

【0053】エッチングマスクを除去した後、この上にクラッド用シリコンオリゴマーをスピコートし、下部クラッド層を形成した場合と同様に硬化して上部クラッド層を形成し、埋め込み型光導路のAWG32と $2\times 1$ 光スイッチ34を作製した。

【0054】さらに、AWG32のアレイ導波路上に図2の(b)に示したような、薄膜ヒーター33を金属スパッタ法により形成した。この際、前記式2に示したパラメータが、 $N=119$ 、 $\Delta L2=250\mu\text{m}$ となるように作製した。

【0055】 $0\sim 2.5\text{W}$ のヒーター消費電力において、ASE光を入射した時、第6ポートからは $1527\sim 1542\text{nm}$ の波長帯域の光信号が、第26ポートからは $1558\sim 1543\text{nm}$ の波長帯域の光信号が射出された。

【0056】次に、シリコン熱光学 $2\times 1$ 光スイッチ34を駆動し、両ポートからの信号を1つのポートから射出できるようにした。実施例1と同様に $30\text{nm}$ の可変幅の光信号が選択できた。応答速度は $6\text{ms}$ であった。

【0057】【実施例3】本発明の第3の実施の形態を示す図4を用いて実施例3を説明する。図4において、41はシリコン基板、42はシリコン基板41上に形成されたアレイ導波路格子型波長フィルタ（シリコン高分子導波路AWG）、43、44はAWG42のアレイ導波路部上に取り付けられた薄膜ヒーター、45、46は薄膜ヒーター43、44駆動用の電源である。

【0058】実施例1と同様にシリコンAWG42を作製し、ファイバを実装した。さらに、図4に示すように隣接アレイ間隔が $250\mu\text{m}$ となるように、三角形型、逆三角形型2種類の金属薄膜ヒーター43、44をアレイ導波路上にスパッタ蒸着した。式2に示したパラメータが、 $N=119$ 、 $\Delta L2=250\mu\text{m}$ となるように作製した。

【0059】 $0\sim 2.5\text{W}$ のヒーター消費電力において、第16ポートから、両ヒーター43、44を切り替えることにより $1537\sim 1573\text{nm}$ の波長帯域の光信号を選択できた。応答速度は $6\text{ms}$ であった。

【0060】【実施例4】本発明の第4の実施の形態を示す図5を用いて実施例4を説明する。図5において、51はシリコン基板、52はシリコン基板51上に形成されたアレイ導波路格子型波長フィルタ（シリコン高分子導波路AWG）、53、54はAWG52のアレイ導波路部上に取り付けられた薄膜ヒーター、55はシリコン熱光学Y分岐型 $2\times 1$ 光スイッチ、56、57は

薄膜ヒーター53、54駆動用の電源、58は光スイッチ55のヒーター駆動用の電源である。

【0061】実施例2と同様にシリコンAWG52とシリコン熱光学 $2\times 1$ 光スイッチ55を作製した。さらに、図5に示すように隣接アレイ間隔が $250\mu\text{m}$ となるように、三角形型、逆三角形型2種類の金属薄膜ヒーター53、54をアレイ導波路上にスパッタ蒸着した。式2に示したパラメータが、 $N=119$ 、 $\Delta L2=250\mu\text{m}$ となるように作製した。

【0062】 $0\sim 2.5\text{W}$ のヒーター消費電力において、両ヒーター53、54を切り替えることにより、第1ポートから $1494\sim 1530\text{nm}$ の波長帯域の光信号が、第32ポートからは $1556\sim 1520\text{nm}$ の波長帯域の光信号が射出された。

【0063】次に、シリコン熱光学 $1\times 2$ スイッチ55を駆動し、両ポートからの信号を1つのポートから射出できるようにしたところ、 $62\text{nm}$ の可変幅の光信号が選択できた。応答速度は $6\text{ms}$ であった。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、広帯域波長可変が可能であり、単純な構成で小型・低コスト、低消費電力動作の波長可変フィルタを作製できる。この低コスト広帯域波長可変フィルタを使用することで、将来の県レベル、市町村レベルにおけるWDM通信・放送システムを構築することができる。また、オフィスや家庭でのWDM-LANシステムも安価に構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のアレイ導波路格子型波長可変フィルタの第1の実施の形態を示す構成図

【図2】本発明における局所加熱用の薄膜ヒーターの実施の形態を示す図

【図3】本発明のアレイ導波路格子型波長可変フィルタの第2の実施の形態を示す構成図

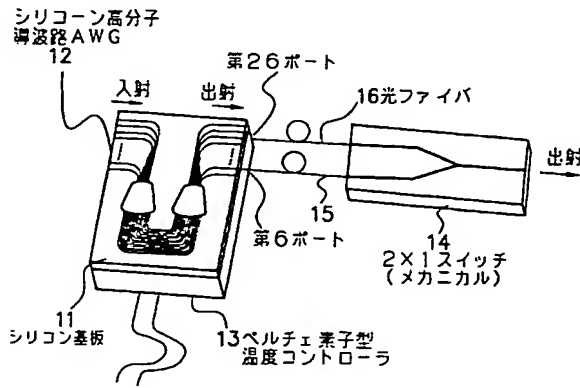
【図4】本発明のアレイ導波路格子型波長可変フィルタの第3の実施の形態を示す構成図

【図5】本発明のアレイ導波路格子型波長可変フィルタの第4の実施の形態を示す構成図

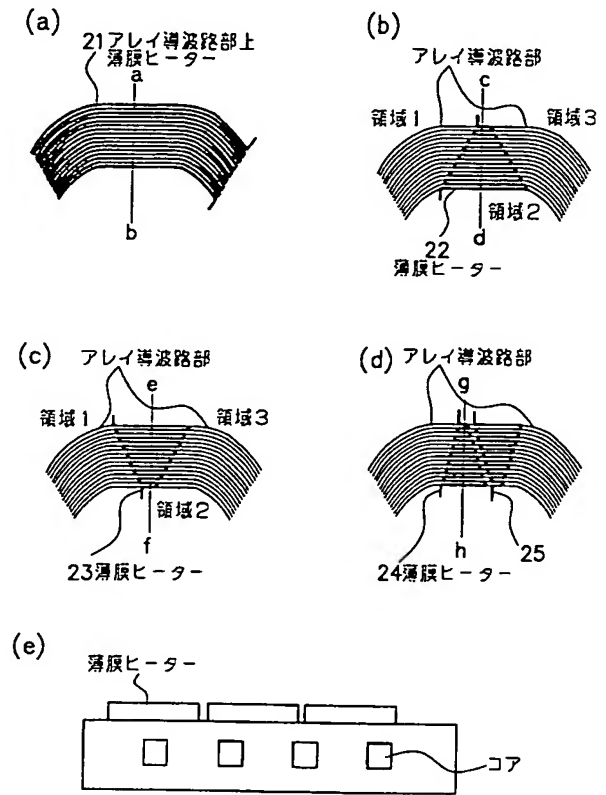
【符号の説明】

11、31、41、51：シリコン基板、12、32、42、52：シリコン高分子導波路AWG、13：ペルチェ素子型温度コントローラ、14、34、55： $2\times 1$ 光スイッチ、15、16：光ファイバ、21、22、23、24、25、33、43、44、53、54：薄膜ヒーター、35、36、45、46、56、57、58：電源。

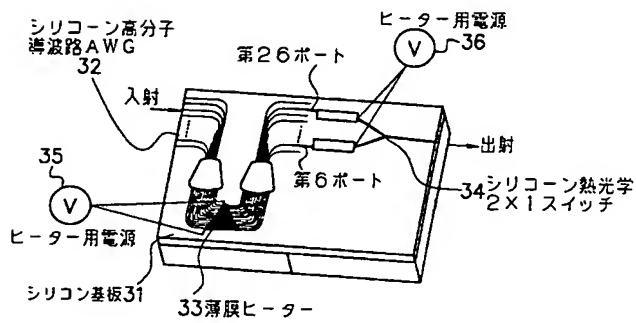
【図1】



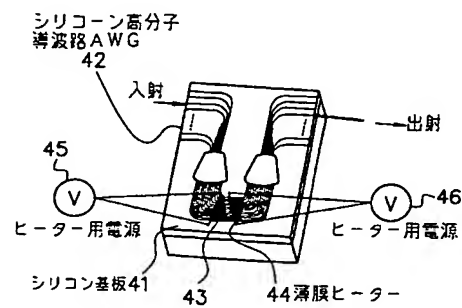
【図2】



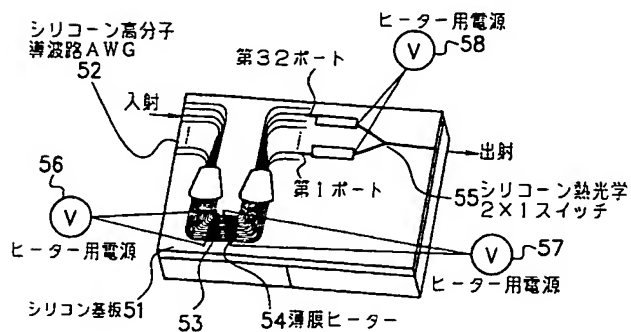
【図3】



【図4】



【図5】





フロントページの続き

(72)発明者 大庭 直樹  
東京都新宿区西新宿 3 丁目 19 番 2 号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 松永 亨  
東京都新宿区西新宿 3 丁目 19 番 2 号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 横山 健児  
東京都新宿区西新宿 3 丁目 19 番 2 号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 栗原 隆  
東京都新宿区西新宿 3 丁目 19 番 2 号 日本  
電信電話株式会社内

F ターム(参考) 2K002 AA02 AB01 AB13 AB40 BA13  
CA22 CA24 CA25 DA06 DA20  
EA16 EB05 FA08 HA11